

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ Offenlegungsschrift
①⑪ DE 3143515 A1

⑤① Int. Cl. 3:
G01F23/28

②① Aktenzeichen:
②② Anmeldetag:
④③ Offenlegungstag:

P 31 43 515.7
3. 11. 81
11. 5. 83

⑦① Anmelder:
Gustav F. Gerdt's GmbH & Co KG, 2800 Bremen, DE

⑦② Erfinder:
Zimmermann, Heino, Dipl.-Ing., 2800 Bremen, DE

DE 3143515 A1

⑤④ »Ultraschall-Füllstand-Grenzwertgeber«

Füllstand-Grenzwertgeber mit einer Piezo-Sender-Empfänger-einrichtung und einer zwischen dieser und dem Füllgut angeordneten Trennwand. Die Piezo-Sender-Empfängereinrichtung weist mindestens ein Sender-Piezoelement (12, 13) und mindestens ein Empfänger-Piezoelement (9, 10) auf. Das Empfänger-Piezoelement (9, 10) ist in einem Schwingungsknoten stirnseitig zwischen dem mit der Trennwand (3) verbundenen ersten Abschnitt (4) sowie dem daran anschließenden zweiten Abschnitt (8) eines Schwingstabes eingeklemmt, während das Sender-Piezoelement (12, 13) in einem Schwingungsknoten zwischen dem zweiten (8) und dem dritten Abschnitt (11) des Schwingstabes axial eingeklemmt ist. Hohe Füllguttemperaturen sind dadurch zulässig und ein großer Signalhub wird erzielt. (31 43 515)

Fig. 1

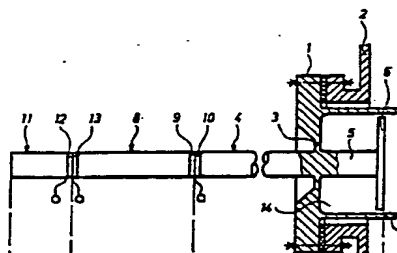
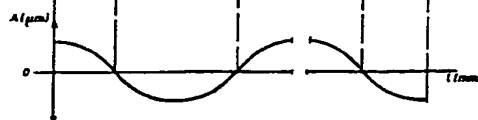


Fig. 2



DE 3143515 A1

3143515

Ultraschall-Füllstand-Grenzwertgeber

Patentansprüche

1. Füllstand-Grenzwertgeber mit einer Piezo-Sender-Empfängereinrichtung und einer zwischen dieser und dem das Füllgut aufnehmenden Raum angeordneten Trennwand, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß
- 5 - die Piezo-Sender-Empfängereinrichtung mindestens ein Sender-Piezo-Element (12, 13) und mindestens ein Empfänger-Piezo-Element (9, 10) aufweist,
- ein mit der Trennwand (3) verbundener, aus drei Abschnitten (4, 8, 11) bestehender Schwingstab vorgesehen ist,
- 10 - das Empfänger-Piezoelement (9, 10) stirnseitig zwischen dem mit der Trennwand (3) verbundenen Abschnitt (4) sowie dem daran anschließenden zweiten Abschnitt (8) des Schwingstabes eingeklemmt ist,
- das Sender-Piezo-Element (12, 13) zwischen dem zweiten
- 15 (8) und dem dritten Abschnitt (11) des Schwingstabes axial eingeklemmt ist und
- die Längen der Stababschnitte (4, 8, 11) so abgestimmt sind, daß sowohl das Sender-Piezo-Element (12, 13) als auch das Empfänger-Piezo-Element (9, 10) in Schwingungsknoten der Resonanzschwingung des nicht durch Füllgut schwingungsgedämpften Schwingstabes (4, 8, 11) liegen.
- 20
2. Füllstand-Grenzwertgeber nach Anspruch 1, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß die Länge des dritten Schwingstab-Abschnittes (11) in der Größenordnung von einer viertel Wellenlänge der Resonanzfrequenz
- 25 liegt.
3. Füllstand-Grenzwertgeber nach einem oder beiden der Ansprüche 1 und 2 , d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß die Länge des zweiten Schwingstab-Abschnittes (8) in der Größenordnung von einer halben Wellenlänge der Resonanzfrequenz liegt.
- 30

5 4. Füllstand-Grenzwertgeber nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Länge des ersten Schwingstab-Abschnittes (4) ein Vielfaches der Wellenlänge der Resonanzfrequenz zuzüglich einer viertel Wellenlänge beträgt.

10 5. Füllstand-Grenzwertgeber nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß der erste Schwingstab-Abschnitt (4) mit seinem dem Empfänger-Piezo-Element (9, 10) fernen Teil (5) in den Füllgut-Raum (14) hineinragt und die Trennwand (3) in einem Schwingungsknoten des ersten Schwingstab-Abschnittes (4) liegt.

15 6. Füllstand-Grenzwertgeber nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Länge des in den Füllgut-Raum (14) hineinragenden Abschnittes (5) in der Größenordnung von einem Viertel der Wellenlänge der Resonanzfrequenz liegt.

20 7. Füllstand-Grenzwertgeber nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß der erste Schwingstab-Abschnitt (4) füllgutseitig quer eine Kopplungsplatte (6) trägt.

25 8. Füllgut-Grenzwertgeber nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Kopplungsplatte (6) in einer mit dem Füllgut-Raum verbundenen, seitlich geschlossenen Meßkammer (14) angeordnet ist.

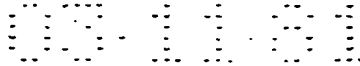
30 9. Füllgut-Grenzwertgeber nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Abschnitt (5) eine solche Länge besitzt, die der Wellenlänge im Füllgut-Wasser entspricht und der Durchmesser der Kopplungsplatte (6) das Doppelte dieser Wellenlänge ist.

10. Füllgut-Grenzwertgeber nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zwischen der Wand (7) der Meßkammer (14) und der Kopplungsplatte (6) ein seitlicher Ringspalt vorgesehen ist, dessen Breite kleiner

ist als die Schallwellenlänge des Füllgutes Wasser.

5 11. Füllstand-Grenzwertgeber nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche, g e k e n n z e i c h n e t
d u r c h zwei aufeinanderliegende Sender-Piezo-Elemente
(12, 13), die elektrisch parallel geschaltet sind.

12. Füllstand-Grenzwertgeber nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche, g e k e n n z e i c h n e t
d u r c h zwei aufeinanderliegende Empfänger-Piezo-Elemente
(9, 10), die elektrisch parallel geschaltet sind.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Füllstand-Grenzwertgeber, der im Oberbegriff des Hauptanspruches spezifizierten Art.

5 Bei einem bekannten Füllstand-Grenzwertgeber dieses Types (DE-AS 25 12 060) ist ein Piezo-Element auf der Trennwand befestigt. Je nach dem, ob die Trennwand in Luft oder Füllgut eingetaucht ist, ändert sich die Resonanzimpedanz des Piezo-Elementes. Die Impedanzänderung dient als Füllstandsignal. Die Impedanzänderung ist jedoch, wenn die
10 Resonanzfrequenz nicht genau getroffen wird, so gering, daß ein eindeutiges, ungestörtes Füllstandsignal nicht stets gewährleistet ist. Infolge der Parameterstreuung der Piezo-Elemente ist es äußerst schwierig, die Resonanzfrequenz exakt zu treffen.

15 Die Temperatureinsatzgrenze von Piezo-Elementen liegt derzeit bei ca. 150 ° C. Für höhere Füllguttemperaturen kann dieser Grenzwertgeber somit keine Verwendung finden.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Füllstand-Grenzwertgeber der eingangs genannten Art zu schaffen, der auch für hohe Temperaturen einsetzbar ist und einen großen Signalhub zwischen ausgetauchtem und eingetauchtem Zustand ergibt.

25 Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Erfindungsmerkmale gelöst.

30 Durch das Vorsehen des Schwingstabes sind die Piezo-Elemente der Temperatureinwirkung des Füllgutes nicht unmittelbar ausgesetzt. Infolge des natürlichen Temperaturgefälles im Schwingstab liegt die am Empfänger-Piezo-Element herrschende Temperatur bei entsprechender Längendimensionierung des ersten Schwingstab-Abschnittes wesentlich unter der Füllguttemperatur. Letztere kann somit die zulässige Einsatztemperatur der Piezo-Elemente übersteigen.

3143515

- 5 -

Im nicht in das Füllgut eingetauchten Zustand schwingt der Schwingstab, bei Resonanzerrregung durch das Sender-Piezo-Element, mit seiner Eigenfrequenz.

5 Da es sich bei der vorgeschlagenen Sonde physikalisch um einen Koppelschwinger handelt, in dem die Piezo-Elemente nur die Schwingungserreger sind, die Dimensionierung des Schwingstabes jedoch die Resonanzfrequenz bestimmt, ist diese unabhängig von Parameterstreuungen der Piezo-Elemente. Zudem wird durch die Wahl der Schwingstabmaterialien, z. B.
10 weichgeglühter Schmiedestahl, eine Vergrößerung der Bandbreite der Resonanzkurve erzielt, so daß Abweichungen von der Soll-Resonanz keine großen Auswirkungen auf die Amplituden- und Phasenlage der Empfängerspannung haben.

15 Da sich Sender und Empfänger beide in Schwingungsknoten befinden, liefert das Empfänger-Piezo-Element in einem vorgesehenen Phasenwinkel zur Sendespannung eine dieser entsprechende Signalspannung. Durch Eintauchen in das Füllgut ändern sich die Schwingseigenschaften des Schwingstabes, wodurch sich in ihm die Schwingungsknoten verschieben. Hierdurch tritt gegenüber dem ausgetauchten Zustand
20 eine beträchtliche Phasenverschiebung sowie auch Amplitudenänderung zwischen der Sender- und der Empfängerwechselspannung auf, die für eine eindeutige Signalgabe genutzt werden kann.

25 Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Gegenstand.

Die Ansprüche 2 und 3 geben die kürzeste Ausführung des zweiten und des dritten Schwingstab-Abschnittes an, die eine optimale Signalbildung ermöglicht. Der Anspruch 4
30 nennt die optimale Längenformel für den ersten Schwingstab-Abschnitt.

Mit den Merkmalen der Ansprüche 5 und auch 6 wird es möglich, eine auch hohen Drücken standhaltende Trennwand vorzusehen, ohne die Meßempfindlichkeit des Grenzwertgebers
35 zu beeinträchtigen.

3143515

- 6 -

5 Eine verstärkte Dämpfung des Schwingstabes beim Eintauchen in das Füllgut ist durch die Merkmale des Anspruches 7 und ergänzend des Anspruches 8 zu erzielen. Darüberhinaus ermöglichen die Ansprüche 9 und 10 einen besonders starken Energieentzug bzw. eine große Änderung der Resonanzfrequenz, indem die Meßkammer zwischen der Trennwand und der Kopplungsplatte wie ein Helmholtz-Resonator wirkt.

10 Die Verbindung der drei Schwingstab-Abschnitte kann in besonders einfacher Weise durch zentrale Zuganker erfolgen. Vorteilhaft ist es hierfür, wenn alle drei Abschnitte auf dem gleichen elektrischen Potential liegen, so daß sich eine elektrische Isolierung der Abschnitte gegeneinander erübrigt. Eine solche Potentialgleichheit ist durch die Ansprüche 11 und 12 erzielbar.

15 In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Füllstand-Grenzwertgebers dargestellt.

Fig. 1 zeigt den Füllstand-Grenzwertgeber teilweise im Schnitt und

20 Fig. 2 das Schwingungsdiagramm des nicht in Füllgut eingetauchten Grenzwertgebers.

Der Grenzwertgeber besitzt einen Halteflansch 1 zum Anschluß an einen nur in einem Ausschnitt seiner Seitenwand 2 dargestellten Behälter. Dies kann z. B. ein Dampfkessel sein, in dem der Füllstand des Speisewassers zu überwachen ist.

30 Zentral bildet der Halteflansch 1 eine druckdichte Trennwand 3, die einen ersten Schwingstab-Abschnitt 4 trägt, der mit seinem einen Teil 5 z. B. waagerecht in Höhe des Soll-Speisewasserniveaus in den Behälter hineinragt und dort am freien Ende quer eine runde Kopplungsplatte 6 aufweist. Ein am Halteflansch 1 vorgesehener Stutzen 7 umgibt im Behälter den Schwingstab-Abschnitt 5 und die Kopplungsplatte 6.

3143515

- 7 -

Dem außenseitigen Ende des Schwingstab-Abschnittes 4 liegt ein zweiter Schwingstab-Abschnitt 8 gegenüber. Zwischen diesen beiden sind stirnseitig zwei mechanisch in Reihe angeordnete, jedoch elektrisch parallelgeschaltete Empfänger-Piezo-Elemente 9, 10 eingespannt. Schließlich ist noch ein dritter Schwingstab-Abschnitt 11 vorhanden, wobei zwischen diesem und dem zweiten Schwingstab-Abschnitt 8 zwei gleichfalls mechanisch in Reihe angeordnete und elektrisch parallelgeschaltete Sender-Piezo-Elemente 12, 13 eingespannt sind. Das feste Einspannen der Piezo-Elemente 9, 10, 12, 13 kann z. B. in einfacher Weise durch einen nicht dargestellten, die drei Schwingstab-Abschnitte 4, 8, 11 mechanisch und elektrisch miteinander verbindenden, zentralen Zuganker erfolgen.

Die Sender-Piezo-Elemente 12, 13 bilden mit den Schwingstab-Abschnitten 8, 11 einen ersten Koppelschwinger und die Empfänger-Piezo-Elemente 9, 10 mit den Schwingstab-Abschnitten 4, 8 einen mit dem ersten fest verbundenen, zweiten Koppelschwinger. Hierbei besitzt der dritte Schwingstab-Abschnitt 11 zuzüglich dem Piezo-Element 12 eine Länge $\lambda/4$ - λ ist die Wellenlänge der vorgesehenen Resonanzfrequenz des Schwingstabes 4, 8, 11 - und der zweite Schwingstab-Abschnitt 8 mit den beiden Piezo-Elementen 9, 13 eine Gesamtlänge von $\lambda/2$, während der erste Schwingstab-Abschnitt 4 zusammen mit dem Piezo-Element 10 eine Länge von $n \times \lambda + \lambda/4$ besitzt. Der Faktor n wird dabei so gewählt, daß an den Piezo-Elementen 9, 10 die Temperatur gegenüber der Füllguttemperatur infolge des natürlichen Temperaturgefälles im Schwingstab-Abschnitt 4 so weit abgesunken ist, daß sie unterhalb der zulässigen Betriebstemperatur der Piezo-Elemente 9, 10 liegt.

Das Diagramm, Fig. 2, zeigt den Schwingungsverlauf im Schwingstab 4, 8, 11, wenn dieser von den Sender-Piezo-Elementen 12, 13 in Resonanz erregt wird und die Kopplungsplatte 6 von Luft bzw. Dampf umgeben ist. Die Kopplungsplatte 6 befindet sich dann im Bereich der maximalen Längs-

schwingungs-Amplitude A. Sowohl die Sender- als auch die Empfänger-Piezo-Elemente 9, 10, 12, 13 liegen hingegen in zwei Schwingungsknoten. Die an den Empfänger-Piezo-Elementen 9, 10 meßbare Signalspannung ist dabei um 180° in der Phase gegenüber der Speisespannung für die Sender-Piezo-Elemente 12, 13 verschoben.

Die Trennwand 3 liegt gleichfalls in einem Schwingungsknoten. Hierdurch kann auf eine sehr biegeelastische Gestaltung der Trennwand 3 verzichtet und eine hohe Druckfestigkeit derselben erzielt werden. Ferner sind durch die Halterung des Schwingstab-Abschnittes 4 über die Trennwand 3 mögliche Störeinflüsse weitgehend vermieden.

Steigt der Füllstand soweit, daß die im Stutzen 7 gebildete Meßkammer 14 mit Füllgut gefüllt ist, so verändert die an die Kopplungsplatte 6 angekoppelte Masse des Füllgutes die Schwingungseigenschaften des Schwingstabes 4, 8, 11. Durch die hierdurch eintretende Änderung der Resonanzfrequenz werden die Schwingungsknoten im Schwingstab 4, 8, 11 verschoben, so daß sich folglich die Phasenverschiebung zwischen der Speisespannung der Sender-Piezo-Elemente 12, 13 und der Signalspannung der Empfänger-Piezo-Elemente 9, 10 ändert. Außerdem findet ein Energieentzug durch Ultraschallabstrahlung in die Flüssigkeit statt, durch den zusätzlich die Amplitude der Signalspannung gedämpft wird, wenn die Speisespannung konstant bleibt.

Diese Änderungen lassen sich zur Erzeugung der Signale EINGETAUCHT und AUSGETAUCHT nutzen.

Es kann z. B. hierzu bei aufgezwungener Senderfrequenz die Änderung der Phasenverschiebung zwischen Speise- und Signalspannung in bekannter Weise ermittelt werden. Ergänzend oder alternativ kann auch die Dämpfung der Signalspannungsamplitude gemessen werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht auch darin, mit den Sender-Piezo-Elementen 12, 13 ein selbstschwingendes System aufzubauen, wobei die Anregung der Schwingungen durch die Rückkopplung mittels der Signalspannung der

3143515

- 9 -

Empfänger-Piezo-Elemente 9, 10 erfolgt. Der Rückkopplungsgrad wird so gewählt, daß bei Eintauchen der Kopplungsplatte 6 in das Speisewasser infolge der Dämpfung oder Phasenverschiebung die Schwingung aussetzt.

5 Durch die besondere Ausbildung des in das Füllgut tauchenden Abschnittes 5 ergibt sich, wenn das Füllgut Wasser ist, ein zusätzlicher Dämpfungseffekt und damit eine Vergrößerung des Signalunterschiedes in den Empfänger-Piezo-Elementen 9, 10 :

10 Die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in Wasser beträgt etwa ein Viertel derjenigen in Eisen.

 Durch die Ausbildung des in das Wasser tauchenden Abschnittes 5 gleich einem Viertel der Wellenlänge des Schwingstabeisens wird im eingetauchten Zustand das
15 durch die Kopplungsplatte 6 und die Trennwand 3 eingeschlossene Wasservolumen zu einer vollen Schwingung angeregt. Der Durchmesser der Kopplungsplatte 6 beträgt hierbei ein Viertel der Wellenlänge des Schwingstabeisens. Die Meßkammer 14 wirkt wie ein Helmholtz-Resonator, der
20 für einen besonders starken Energieentzug sorgt und damit den Signalunterschied gegenüber dem ausgetauchten Zustand zusätzlich vergrößert.

Liste der Bezugszeichen

1	Halteflansch
2	Seitenwand
3	Trennwand
4	Schwingstab-Abschnitt
5	Abschnittteil
6	Kopplungsplatte
7	Stützen
8	Schwingstab-Abschnitt
9, 10	Empfänger-Piezo-Elemente
11	Schwingstab-Abschnitt
12, 13	Sender-Piezo-Elemente
14	Meßkammer

Fig. 1

